

FPGAを用いた3Dコメントスクリーンの開発

I類(情報系) 成見研究室 学籍番号:2010270 小林千浩

1 研究の背景

現在一般的に使用される映像表示デバイスは、基本的に表示者と被表示者の「一対一」で使用することを想定している。しかし、複数人の表示者で一つの映像表示デバイスを共有して使用することができれば、映像表現の幅を広げることができ、互い意思共有や感情共有が容易になる。例えば、動画配信サービス「ニコニコ動画」においては、視聴者のコメントを動画上に表示させる「コメントスクリーン」機能があり、複数の視聴者間で意思や感情共有が可能となっている*1。また、授業中に生徒からの質問を投影できる「Comment Screen」という商品もある*2。複数拠点から一つの巨大なスクリーンに様々なコンテンツを表示できる SAGE という仕組みも存在する [1]。

しかし、このような複数人共有ディスプレイを実現するには、専用アプリケーションの開発、映像キャプチャデバイスの用意など煩雑な準備が必要である。

2 研究の目的

本研究は、ディスプレイにハードウェア機能として組み込むことで、複数人共有ディスプレイを容易かつ手軽に使用できるようにすることを目的とする。また、文字情報だけでなく3Dのポリゴンを表示できるようにする。本システムでは、FPGAを用いてHDMIからの映像入力を背景とし、そこに重ねる形で第三者がリアルタイムに3D描画を重ねて行う「3Dコメントスクリーンシステム」を実現する。

3 既存の研究

滝川 [2] は、ゲーム機の映像出力部にFPGAを接続し、入力された映像を必要に応じて加工し出力している。し

かし、事前に用意したエフェクトや文字を必要に応じて入力映像に重ねて描画している点で本研究と異なる。

FPGAを用いた3D描画技術としては、Xiangfei Liら [3] による3Dグラフィックスパイプラインの研究があげられる。この研究は3D描画に焦点を当てたものであり、外部から入力された映像への画像の合成を行っていないため本研究とは異なる。

ネットワークを経由して複数拠点からディスプレイを使用する技術としては、イリノイ大学で開発されたSAGE2 [1] があげられる。このシステムでは、ディスプレイ側に3D描画機能がない点で本研究と異なる。

4 開発したシステム

4.1 システム概要

図1に本システムの概要を示す。FPGAはHDMI入出力機能を備えており、入力された映像が背景として出力される。入力は1920x1080@60Hz、出力は1920x1080@30Hzである。FPGAはEthernetポートを備えており、ネットワーク経由で、クライアントPCから描画命令を受けると、背景映像に重ねる形で3D描画を行う。

PS部では、TCP通信によりデータを受信し、描画ユニットへ送る。CPUでは、頂点座標の変換、変換後の座標を整数へキャストするなどの処理をする。PS部では最大4つのクライアントを受け付ける。

PL部の描画ユニットは渡された頂点データからポリゴンのラスターライズをし、描画バッファへ書き込む。その際、描画ユニットはポリゴンの頂点間の色補間を行わず、深度情報のみ補完して描画し、深度情報は深度バッファを用いた陰面消去で使用される。HDMI入力から入力される映像は背景バッファへ書き込まれる。画像合成ユニットは、メモリ上の描画バッファと背景バッファを読みだし、それらを合成してHDMI出力する。

本研究ではOpenGL互換APIを実装し、描画命令の発行に使用している。OpenGLアプリからOpenGL互

*1 株式会社ダウンゴ, "ニコニコヘルプコメント 投稿機能の使い方", https://qa.nicovideo.jp/faq/show/11222?category_id=745&site_domain=nicoapp, 最終アクセス日:2024年1月31日

*2 CommentScreen 株式会社, "CommentScreenHomepage", <https://www.commentscreen.com/>, 最終アクセス日:2024年1月31日

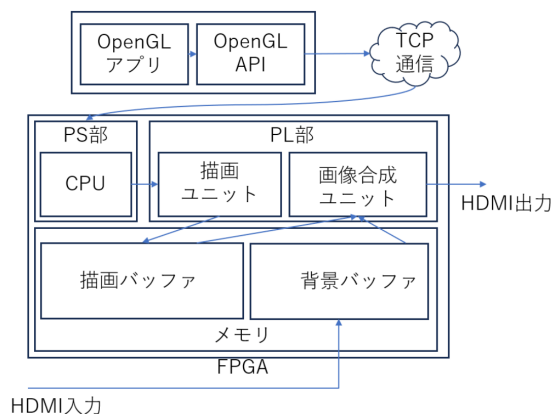


図1 システム全体の構成

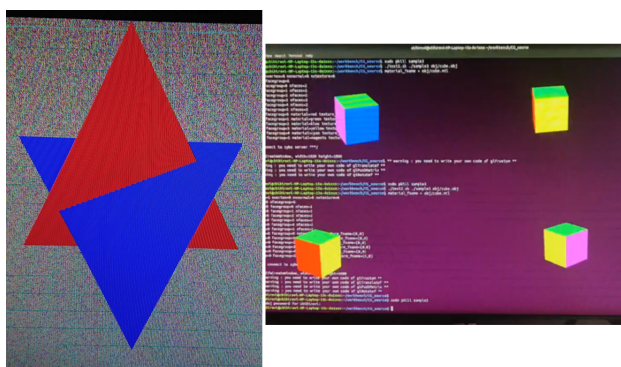


図2 動作の様子

換 API が呼び出され、そこから TCP 通信経由でデータを FPGA へ送信する。クライアント PC では OpenGL で使用される動的ライブラリを本研究で作成したものに差し替えることで、OpenGL アプリケーションの描画先を FPGA へ変更可能となる。

4.2 動作結果

図2に動作の様子を示す。図2(左)は、奥行き方向の傾斜が異なる青色と赤色のポリゴンを描画した様子であり、2つのポリゴンが互いに突き抜けていることがわかる。図2(右)は、同時4つのクライアントからの描画を受け付けて、立方体を描画する様子である。

5 評価

FPGA システムへ行った各種測定の結果を表1に示す。FPGA 内の主要な論理ブロックである LUT(look up table) の使用率は、53200 個のうち 37.2% であった。描画ユニットは 100Mhz で動作し、1 ピクセルの描画に 54.25 クロック要した。背景映像の出力遅延は 40ms であった。FPGA システムが、背景映像を出力し、さらに 3D 描画を行っている状態での消費電力は 4.2w であ

項目	計測値
LUT 使用率	37.2%
描画速度	54.25clock/pixel
出力遅延	40ms
消費電力	4.2w

表1 各種測定の結果

	本研究	比較用の PC
描画速度	10.85ms/polygon	1.3us/polygon
描画中の消費電力	0.2w	147w
電力効率	2.1mJ/polygon	0.18mJ/polygon

表2 性能の比較

た。表2はデスクトップ PC との描画性能を比較している。本システムは描画性能は低いが、消費電力が少ないことがわかる。

6 まとめと今後の課題

6.1 まとめ

本研究では、FPGA を用いて、HDMI 入力からの映像入力を背景とし、そこに第三者が TCP 通信経由で 3D 描画を重ねて行う「3D コメントスクリーンシステム」を構築した。TCP 通信経由で、最大4つのクライアントを受け付けることができ、複数人で一つのディスプレイを手軽に共有することが可能になった。ディスプレイ上に 3D 描画を行うため、これまでの文字や 2D 図形ではできない新たな表現が可能となった。

6.2 今後の課題

今後の課題としては、描画ユニットの改良による描画速度の向上、受け付けられるクライアントの数を増やす、フル HD 以外の解像度のモニターやタイルドディスプレイにも出力を対応させる、などの点が挙げられる。

参考文献

- [1] T. Marrinan et al., "SAGE2: A new approach for data intensive collaboration using Scalable Resolution Shared Displays," 10th IEEE International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing, Miami, FL, USA, pp. 177-186, doi: 10.4108/icst.collaboratecom.2014.257337, (2014).
- [2] 滝川順, "FPGA を用いたコンシューマーゲーム機拡張システムの開発", 電気通信大学 修士論文, (2022)
- [3] Xiangfei Li, X. Wang and Rong Sun, "Real-time 3D graphics for mobile devices on reconfigurable hardware," IET International Conference on Smart and Sustainable City 2013 (IC-SSC 2013), Shanghai, pp. 471-475, doi: 10.1049/cp.2013.1963, (2013).